

RedaktionM. Christ, Nürnberg
C. Waydhas, Essen**E. Glöckner¹ · M. Christ¹ · R. Breitzkreutz^{2,3}**¹ Universitätsklinik für Notfall- und Internistische Intensivmedizin, Paracelsus Medizinische Privatuniversität, Klinikum Nürnberg, Deutschland² Frankfurter Institut für Notfallmedizin und Simulationstraining, Universitätsklinikum, Frankfurt am Main, Deutschland³ Netzwerk Ultraschall in der Notfall- und Intensivmedizin, Frankfurt am Main, Deutschland

Lungenultraschall

Neue Kernkompetenz in der Notfall- und Akutmedizin

Die Notfallsonographie wird vom Notfall- und Akutmediziner als bettseitig genutztes „Point-of-Care-Ultraschallverfahren“ für zahlreiche klinische Fragestellungen bei Patienten mit bzw. ohne Trauma eingesetzt. Durch eine zielgerichtete „fokussierte“ Sonographie lassen sich wichtige Differenzialdiagnosen innerhalb des klinischen Kontexts rasch erschließen [3, 16].

Im Folgenden werden die diagnostischen Möglichkeiten der Lungenultraschallsonographie in der Notfall- und Akutmedizin mit authentischen Fallbeispielen aufgezeigt und fallbezogen die theoretischen Hintergründe der Methodik erläutert.

Vor einigen Jahren wurde postuliert, dass die Sonographie der Lunge klinisch nicht nutzbar wäre [8]. Die Weiterentwicklung der technischen Voraussetzungen und ein tieferes Verständnis sonographischer Möglichkeiten trugen dazu bei, dass das Verfahren vom Kliniker bettseitig eingesetzt werden kann und wichtige Lungenpathologien bei unterschiedlichsten Fragestellungen differenziert werden können. Die große Chance der Lungenultraschallsonographie liegt u. a. darin, dass ohne Strahlenbelastung auch besonders gefährdete Personengruppen wie Kinder oder Schwangere untersucht werden können.

In der Notaufnahme stellen sich zahlreiche Patienten mit dem Leitsymptom „Akute Atemnot“ vor. Die Krankenhaussterblichkeit von Patienten mit akuter Atemnot ist etwa 10-fach höher als beim

Leitsymptom „Akuter Thoraxschmerz“ [15]. Die fokussierte „Point-of-Care“-Lungenultraschallsonographie bietet bei der Diagnosefindung betroffener Patienten in Klinik und Präklinik Unterstützung. Dadurch kann die Therapie bei zeitkritischen Erkrankungen wie z. B. Pneumothorax, Lungenödem bei Herzinsuffizienz, klinisch relevante Pleuraergüsse, Pneumonie oder Lungenarterienembolie zeitnah eingeleitet werden [8]. Grundvoraussetzungen für die fachlich korrekte Durchführung der Lungenultraschallsonographie sind die geeignete Geräteausstattung sowie eine qualifizierte Ausbildung. Deshalb ist die Lungenultraschallsonographie zwischenzeitlich fester Bestandteil des Curriculums „Notfallsonographie“ der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM).

Fallvignette 1

Akute Atemnot – Kardiale Ursache?

Eine 55-jährige Frau mit bekannter, schlecht eingestellter arterieller Hypertonie wird vom Notarzt mit seit der letzten Nacht aufgetretener, akuter Atemnot in die Notaufnahme eingeliefert. In einer vor 1 Jahr durchgeführten Koronarangiographie wurde eine koronare Herzerkrankung ausgeschlossen. Vom Notarzt ist eine hypertensive Blutdruckentgleisung dokumentiert (RR 190/110 mmHg). Furosemid 40 mg und Urapidil 25 mg i.v. wurden verabreicht.

Auskulatorisch sind feinblasige, feuchte Rasselgeräusche beidseits zu hören. Die Vitalparameter sind bis auf eine Sau-

erstoffsättigung von 90 % (unter 2 l Sauerstoff) unauffällig. Aufgrund einer Überlast (Crowding) in der Notaufnahme ist mit einer langen Wartezeit zur Durchführung einer Röntgenaufnahme des Thorax zu rechnen.

Welche Verdachtsdiagnose(n) stellen Sie?

Sie vermuten aufgrund der klinischen Zeichen und Symptome am ehesten eine akute Herzinsuffizienz (Lungenödem) bei hypertensiver Entgleisung mit oder ohne Pleuraergüsse. Differenzialdiagnostisch kommen auch eine Lungenarterienembolie (LAE) oder eine Pneumonie/infektexazerbierte chronisch-obstruktive Lungenerkrankung (COPD) in Betracht.

Wie gehen Sie weiter vor?

Zur Eingrenzung wichtiger Differenzialdiagnosen bietet sich eine „B-Linien-Diagnostik der Lunge“ als primäres Screening vor oder während der körperlichen Untersuchung an.

Methodik der B-Linien-Diagnostik der Lunge in Kombination mit einer fokussierten Echokardiographie

Nach der Durchführung einer fokussierten Echokardiographie (kein Perikarderguss, leichtgradig eingeschränkte Pumpfunktion) und Beurteilung der V. cava inferior (Dilatation auf 2,5 cm, fehlende Atemvariabilität) erfolgt mit Hilfe des Sektor- oder Konvexschallkopfes

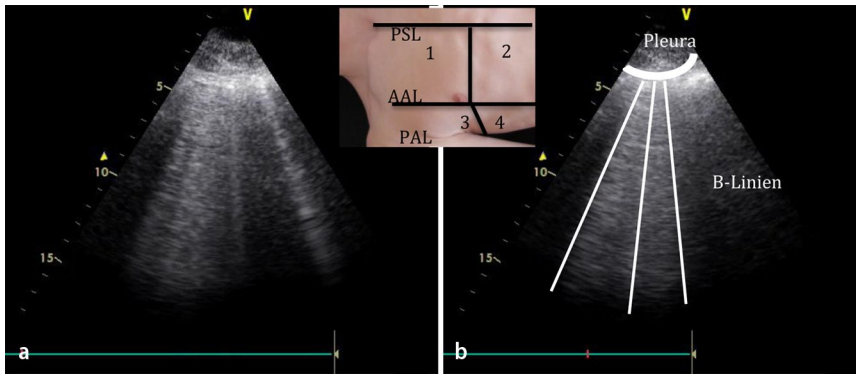


Abb. 1 ▲ Lungensonographie bei nächtlicher extremer Atemnot. Untersuchung an 4 Quadranten pro Thoraxseite, Befunde zu Fall 1, B-Mode, exemplarisch für alle untersuchten Quadranten beider Lungen. **a** vermehrte Anzahl von B-Linien, **b** 3 B-Linien. PSL parasternale Linie, AAL anteriore Axillarlinie, PAL posteriore Axillarlinie

die B-Linien-Diagnostik in 8 Quadranten der Lunge (4 pro Thoraxseite, s. Schema **Abb. 1**) [1]. Der Schallkopf wird interkostal aufgesetzt und die Ultraschallebene parallel zum Längsverlauf der Rippen ausgerichtet. Gleichzeitig wird damit auch das mögliche Vorliegen von Pleuraergüssen untersucht.

Was sehen Sie auf den Sonographiebildern?

Bei dem beschriebenen Patienten lassen sich in allen 8 Quadranten je 3 bis 8 B-Linien darstellen.

Wie lautet unter Berücksichtigung der klinischen Informationen jetzt Ihre Diagnose?

Die Verdachtsdiagnose „Akute Herzinsuffizienz“ mit pulmonal-venöser Stauung wird bestätigt.

Verlauf

Bei der Arbeitsdiagnose „Akute Herzinsuffizienz“ wird sublingual Nitroglycerin verabreicht und ein Nitroglycerin-Perfusor begonnen [5]. Im Labor zeigen sich keine Entzündungsparameter, D-Dimere sind negativ und der NT-pro-BNP-Wert ist auf 3100 ng/l erhöht. Die Patientin wird bei normalisierten Blutdruckwerten und deutlich verbesserter Symptomatik zur weiteren Therapie auf die Normalstation verlegt.

Kommentar

Die Darstellung der B-Linien in der Lungensonographie ist ein exzellentes Verfahren, um mit hoher Spezifität eine pulmonal-venöse Stauung darzustellen. Gleichzeitig können wichtige Differenzialdiagnosen wie Pleuraerguss, trockene Lunge wie bei infektexazerbierter COPD oder periphere LAE ausgeschlossen werden. Aus dem klinischen Kontext, der Verteilung der vermehrten B-Linien und der Labordiagnostik lässt sich im obigen Fall die Diagnose einer akuten Herzinsuffizienz bei hypertensiver Entgleisung stellen.

B-Linien sind vertikale Wiederholungsartefakte, die an Grenzflächen mit hohen Impedanzsprüngen entstehen (zwischen Luft und Flüssigkeit in den Alveolen und im Interstitium). Sie werden durch Reflexionen der Ultraschallwellen verursacht, gehen von der Pleura visceralis aus und reichen bis an das untere Bildende. Atemabhängig wandern diese mit dem Lungengleiten hin und her. Definitionsgemäß müssen die B-Linien bis zum Unterrand des Bildes reichen (empfohlene Einstellung der Eindringtiefe >10 cm) und dürfen nicht mit den sog. Baby-Kometenschweifchen (kurz, unvollständig) verwechselt werden. Diese treten gehäuft bei der Verwendung eines Linearschallkopfes auf. Zeigen sich in 2 von 4 Regionen auf jeder Seite mindestens 3 B-Linien, unterstützt dies die Verdachtsdiagnose einer akuten Herzinsuffizienz [3, 19].

Auch beim Gesunden können B-Linien in den basalen Lungenabschnitten auftreten, die bis zu einer Anzahl von zwei

B-Linien pro Untersuchungsareal als Normalbefund beurteilt werden.

Vor- und Nachteile der Methode

Die B-Linien Diagnostik der Lunge ist eine ausgezeichnete Screening-Methode für die pulmonal-venöse Stauung und die Differenzierung trockene vs. feuchte Lunge.

Mehrere Studien konnten belegen, dass der alleinige B-Linien-Lungensonographie zur Beurteilung einer Herzinsuffizienz eine Sensitivität von 70–85 % und eine Spezifität von 75–83 % aufweist. Die sequenzielle Sonographie von Herz, V. cava inferior und Lunge erhöht die Spezifität zur Erkennung einer akuten Herzinsuffizienz auf 100 % [1, 17]. Damit werden 3 notfallsonographische Verfahren kombiniert, um die Genauigkeit zur Diagnosestellung einer akuten Herzinsuffizienz zu erhöhen.

Die radiologische Diagnostik kann als ergänzendes Instrument zur Beurteilung der Diagnose einer Herzinsuffizienz herangezogen werden [21]. Die B-Linien-Diagnostik der Lunge erlaubt darüber hinaus eine beliebig häufige (strahlenfreie) Verlaufskontrolle bei der Überwachung von Patienten. Sie sollte dabei nur in Zusammenschau mit der Klinik und der Labordiagnostik zu einer Diagnose führen und nicht unabhängig interpretiert werden. Die B-Linien-Diagnostik der Lunge führt dadurch nicht zu einer sonographischen Diagnose oder bestimmt die Ursache der Erkrankung, sondern unterstützt klinische Diagnosen oder führt zur Eingrenzung möglicher Differenzialdiagnosen. B-Linien sind unspezifisch. So tritt regional eine vermehrte Anzahl von B-Linien z. B. bei Pneumonie, Neoplasien oder Lungenkontusionen auf, wobei hier zumeist der klinische Kontext verschieden ist.

Fallvignette 2

Luftnot – Aufnahme erforderlich?

Eine 24-jährige Frau ohne Vorerkrankungen stellt sich mit dem Leitsymptom „Akute Atemnot“ in der Notaufnahme vor. Am Vorabend sei dieses Gefühl während des Joggens aufgetreten und sie habe weiterhin das Gefühl, nicht gut durchat-

men zu können. Die Vitalparameter sind unauffällig: Atemfrequenz (AF) 18/min, Blutdruck (RR) 100/70 mmHg, Herzfrequenz (HF) 95/min, S_pO_2 96% unter 2 l Sauerstoff; Körpertemperatur (T) 36,5°C. Es zeigen sich keine Auffälligkeiten bei der körperlichen Untersuchung einschließlich Auskultation. Das 12-Kanal-EKG ist unauffällig.

Welche Verdachtsdiagnose(n) stellen Sie?

Differenzialdiagnostisch kommen mehrere Erkrankungen in Betracht. Neben einer protrahierten bronchialen Hyperreagibilität wäre hier auch an einen Pneumothorax zu denken. Die Möglichkeit einer LAE muss grundsätzlich in Betracht gezogen werden, erscheint jedoch in Zusammenschau von Anamnese und Klinik unwahrscheinlich. Es erfolgt die umgehende notfallsonographische Untersuchung der Lunge zum Nachweis/Ausschluss eines Pneumothorax.

Wie gehen Sie weiter vor?

Sie setzen während oder unmittelbar nach der körperlichen Untersuchung die Lungensonographie ein. Dabei erheben sie folgenden Befund (■ **Abb. 2a, b, c**).

Methodik der Lungensonographie bei Verdachtsdiagnose Pneumothorax

Die Lokalisation des Pneumothorax ist, abhängig von der Lagerung des Patienten, am höchsten Punkt zu erwarten. Im Längsschnitt wird der Thorax durchgemustert. Grundsätzlich kann hierzu jeder Schallkopftyp (Linear-, Konvex- und Sektorschallkopf) verwendet werden.

Was sehen Sie auf den Sonographiebildern?

Im B-Bild wird das Lungengleiten, d. h. die dynamische, atemabhängige Bewegung der Pleura visceralis, meistens gut erkannt. Die Bilddokumentation der Pleura mittels M-Mode zeigt die zeitabhängige Bewegung der Lunge auf. Beim Lungengleiten einer belüfteten Lunge lässt sich unterhalb der Pleura eine granulierte Flä-

Notfall Rettungsmed DOI 10.1007/s10049-015-0032-x
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

E. Glöckner · M. Christ · R. Breitkreutz

Lungenultraschall. Neue Kernkompetenz in der Notfall- und Akutmedizin

Zusammenfassung

Hintergrund. Beim Leitsymptom „Akute Atemnot“ kann der Point-of-Care-Ultraschall in bestimmten klinischen Situationen vom Notfall- und Akutmediziner eigenständig durchgeführt werden. Die Methode birgt ein hohes Potenzial, um bei Patienten mit akuter Atemnot in Präklinik und Klinik die korrekte Diagnose zu stellen.

Ergebnisse. Mit Hilfe der Lungensonographie kann schnell zwischen Herzinsuffizienz, Pleuraergüssen, Pneumothorax oder einer Lungenarterienembolie bzw. einer Pneumonie unterschieden werden. Die Diagnos-

tik der Lungensonographie erlaubt darüber hinaus mehrfache Verlaufskontrollen bei der Überwachung, ohne den Patienten Röntgenstrahlen auszusetzen.

Schlussfolgerung. Die Lungensonographie wird als patientennahes „Point-of-Care“-Verfahren eingesetzt und unterstützt nachhaltig beim Treffen therapeutischer Entscheidungen.

Schlüsselwörter

Dyspnoe · Pleuraerguss · Lungengleiten · B-Linien · Konsolidierungen

Lung ultrasound. New core competence in emergency medicine

Abstract

Background. Concerning the chief complaint of acute dyspnoea, point-of-care ultrasound can be directly performed by emergency physicians. Thus, ultrasound has the potential of becoming a valuable tool to correctly diagnose patients with acute dyspnoea in the preclinical and clinical situation.

Results. Lung ultrasound is a rapid diagnostic method to distinguish between heart failure, pleural effusion, pneumothorax, pulmonary embolism and pneumonia. Furthermore, clinical diagnostics with lung ultra-

sound allows multiple follow-ups during patient management without exposing the patient to X-ray radiation.

Conclusion. In summary, lung ultrasound is a valuable and valid point-of-care diagnostic test, supporting follow-up and decision-making during treatment of affected patients.

Keywords

Dyspnea · Pleural effusion · Lung sliding · B-lines · Consolidations

che das sog. „Seashore-Zeichen“ darstellen (■ **Abb. 2a**). Fehlt das Lungengleiten, zeigen sich unterhalb der Pleura horizontale Artefakte. Dieses Muster wird als das „Stratosphärenzeichen“ (■ **Abb. 2b**) bezeichnet. Sind B-Linien (die definitionsgemäß immer von der Pleura visceralis ausgehen, s. Fall 1) sichtbar, ist ein Pneumothorax an der untersuchten Stelle ausgeschlossen.

Wie lautet unter Berücksichtigung der klinischen Informationen jetzt Ihre Diagnose?

Sonographisch wird die Diagnose eines Pneumothorax vermutet. Beweisen lässt sich der Pneumothorax durch die Darstellung des „Lungenpunkts“ (Wendepunkt zwischen an der Pleura anliegenden Lunge und dem Pneumothorax)

[22], wie es uns in diesem Fall gelungen ist (■ **Abb. 2c**).

Verlauf

Aufgrund der klinischen Symptomatik und der notfallsonographischen Diagnose des Pneumothorax ist zum Untersuchungszeitpunkt klar, dass die Anlage einer Pleuradrainage notwendig sein. Das Röntgen-Thorax-Bild der Lunge (■ **Abb. 2d**) wird durchgeführt, um das Volumen des Pneumothorax zu evaluieren, welches sich mittels Lungensonographie nicht darstellen lässt. Unter Berücksichtigung des radiologischen Befunds wird als geeignetes Verfahren zur Entlastung des Pneumothorax bei Erstdiagnose ein kleiner Zugang gewählt. Aus medikolegalen Überlegungen halten wir die Durchführung eines Röntgen-Thorax-

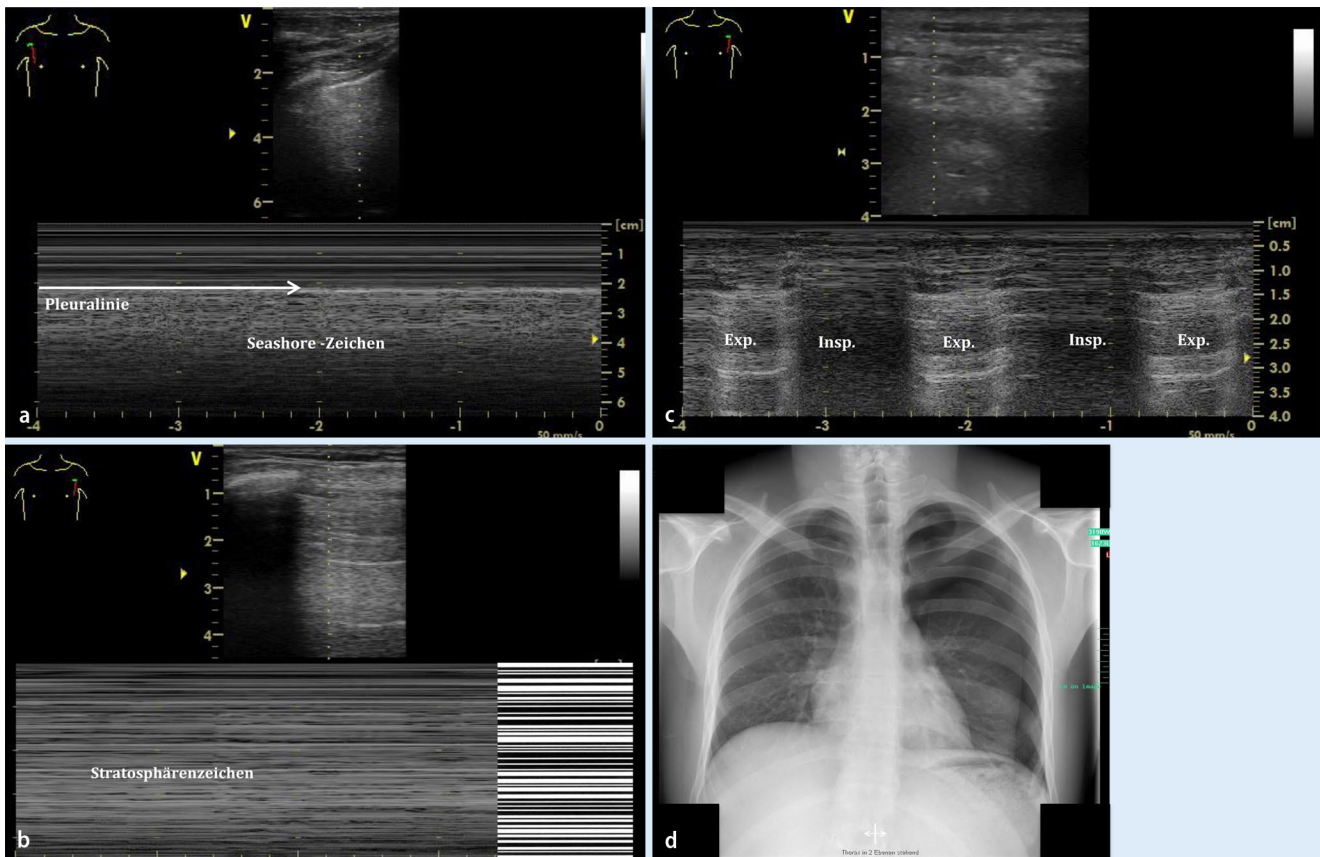


Abb. 2 ▲ Lungensonographie bei akuter Dyspnoe, Befunde zu Fall 2. **a** B- und M-Mode der rechten Lunge, exemplarisch für alle untersuchten Quadranten. **b** B- und M-Mode der linken Lunge, exemplarisch für den lateralen unteren Quadranten. **c** B- und M-Mode der linken Lunge, lateraler unterer Quadrant, vordere Axillarlinie, Wechsel zwischen Stratosphärenzeichen in der Expiration und Seashore-Zeichen in der Inspiration. **d** Röntgen-Thorax-Bild im Stehen, a.p.-Projektion

Bilder in diesem Kontext derzeit für nicht verzichtbar.

Kommentar

Gelangt Luft zwischen die Pleura visceralis und die Pleura parietalis, kann keine Bewegung der viszeralen Pleura im B- oder M-Mode abgeleitet werden. Das Lungengleiten fehlt. Auch im B-Mode kann die Bewegung der Pleuraablätter oder deren fehlende Beweglichkeit visuell gut erkannt werden. Erschwert wird die Beurteilung, wenn bei einer vorerkrankten Lunge, wie z. B. einem Emphysem, die Atemverschieblichkeit der Lunge verringert ist.

Die Lungensonographie bietet entscheidende Vorteile gegenüber dem konventionellen Röntgen. Sie ist im Falle eines Pneumothorax sensitiver als die konventionelle Röntgendiagnostik (92% vs. 52%), während die Spezifität im Vergleich zur Röntgenuntersuchung ähnlich hoch

ist (99,5 versus 100%) [20]. Zudem kann im Fall eines negativen Pneumothoraxbefunds sonographisch nach weiteren Ursachen aktiv gesucht werden (z. B. Pneumonie oder LAE). Bei der Röntgendiagnostik ist die Sensitivität zur Erkennung eines Pneumothorax im anterior-posterioren Strahlengang schlecht, die Spezifität aber sehr hoch. Da die Lungensonographie am Patientenbett zeitnah verfügbar ist, kann die Untersuchung mit mobilen Sonographiegeräten innerhalb der klinischen Untersuchung durchgeführt werden. Der Befund steht unmittelbar zur Verfügung. Dagegen ist die Durchführung einer radiologischen Diagnostik meist zeitlich aufwändiger.

Fallvignette 3

Trockener Reizhusten – Was steckt dahinter?

Ein 74-jähriger Mann stellt sich mit seit 3 Tagen bestehendem Reizhusten, Atemnot und Verschlechterung des Allgemeinzustands in der Notaufnahme vor. Als Vorerkrankung ist eine chronisch-obstruktive Lungenerkrankung infolge langjährigem Nikotinabusus („30 pack-years“) ohne Klinikaufenthalt in den letzten 10 Jahren sowie eine arterielle Hypertonie bekannt. Die Vitalparameter bei Aufnahme sind: T 38,2°C, AF 20/min, RR 120/70 mmHg, HF 95/min, S_pO₂ 94% (bei Raumluft). Bei der Auskultation zeigt sich ein deutliches Entfaltungsknistern rechts basal sowie ein ausgeprägtes expiratorisches Giemen („Spastik“). Keine weiteren Auffälligkeiten. Das 12-Kanal-EKG ist unauffällig.

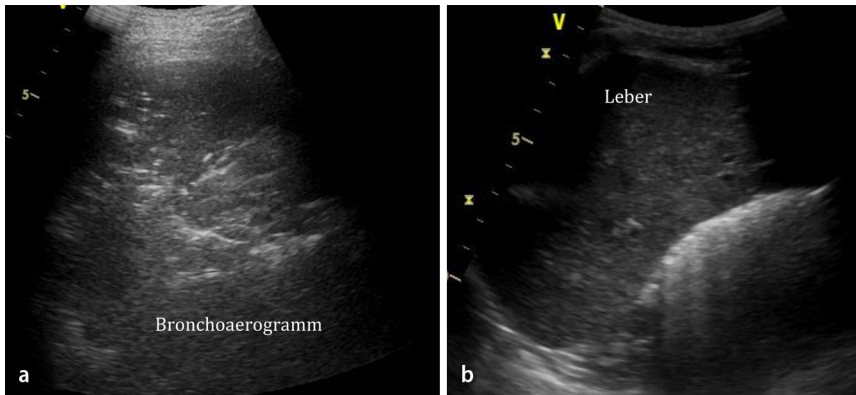


Abb. 3 ▲ Lungensonographie der rechten Lunge, Befunde zu Fall 3. **a** B-Mode, Unterfeld, mittlere Axillarlinie, **b** Vergleich mit rechtem Unterfeld und Darstellung der Leber

Welche Verdachtsdiagnose(n) stellen Sie?

Es wird eine ambulant erworbene Pneumonie vermutet.

Wie gehen Sie weiter vor?

Die schnellste Möglichkeit, die Verdachtsdiagnose zu bestätigen, ist die Durchführung einer Lungensonographie als Erweiterung der körperlichen Untersuchung.

Was sehen Sie auf den Sonographiebildern?

Das hier gezeigte Bronchoaerogramm mit baumartigen Verzweigungen lässt sich bei thoraxnahen Lungeninfiltraten fast immer darstellen. Es sind u. a. echoreiche, linsenförmige Binnenechos zu sehen, welche durch Luft in den kleinen Bronchien bedingt sind (■ **Abb. 3a**). Das pneumonische Infiltrat ähnelt initial in seiner Echogenität dem sonographischen Muster des Lebergewebes (■ **Abb. 3b**), die Ränder des Infiltrats sind meist unscharf begrenzt [7]. Die dargestellten sonographischen Muster sind typisch für eine Pneumonie. Seltener zeigt sich ein Fluidobronchogramm, welches durch ein echofreies Flüssigkeitsareal entlang des Bronchialbaums gekennzeichnet ist. Kometenschweifartefakte (s. Fall 1) am Rande der Konsolidierungen können auftreten.

Wie lautet unter Berücksichtigung der klinischen Informationen jetzt Ihre Diagnose?

Es handelt sich um eine Pneumonie rechts basal, vermutlich eine Unterlappenpneumonie.

Verlauf

Aufgrund des Sonographiebefunds und dem damit verbundenen zeitlichen Gewinn bis zur Diagnosesicherung erhält der Patient bereits in der ersten Stunde nach Eintreffen in der Notaufnahme eine empirisch kalkulierte antiinfektive Therapie. Das Röntgen-Thorax-Bild liegt zweieinhalb Stunden, der schriftliche radiologische Befund erst dreieinhalb Stunden später vor.

Kommentar

Die zeitnahe Diagnosestellung einer ambulant erworbenen Pneumonie ist wichtig, da der frühzeitige Beginn der empirisch kalkulierten, antiinfektiven Therapie entscheidend für die weitere Prognose betroffener Patienten ist [9, 12]. Die Lungensonographie hat bezüglich des Erkennens einer ambulant erworbenen Pneumonie in der Notaufnahme eine deutlich höhere Sensitivität als die konventionelle Röntgenaufnahme (94,6 vs. 77,7%), jedoch keine nennenswerte höhere Spezifität (98,5 vs. 94,0%) [11]. Zu berücksichtigen ist, dass nur periphere, thoraxwandnahe Pneumonien mittels Sonographie nachgewiesen werden können. Damit eignet sich die Lungensonographie als Erwei-

terung der körperlichen Untersuchung in der Notfallsituation und ist für die frühe Therapieentscheidung hilfreich. Sie ersetzt jedoch nicht die weitere radiologische Bildgebung zur Erfassung von Differenzialdiagnosen wie z. B. einem Bronchialkarzinom.

Fallvignette 4

Trockener Reizhusten bei bekannter Niereninsuffizienz?

Ein 82-jähriger Mann klagt über zunehmenden Husten ohne Auswurf seit 3 Tagen, verbunden mit Atemnot. Seit 10 Jahren ist bei dem Patienten eine COPD bekannt. Seit Jahren wird er mit inhalativen Substanzen medikamentös behandelt. Zudem sind eine chronische Niereninsuffizienz und eine chronisch-venöse Insuffizienz mit Stauungsdermatitis an beiden Beinen bekannt. Pathologische Vitalparameter bei Aufnahme sind: AF 24/min, HF 120/min, RR 190/105 mmHg, S_pO_2 unter 1 l Sauerstoff 88 %. Auskultatorisch zeigen sich eine deutliche Spastik beidseits und feinblasige Rasselgeräusche über beiden Lungenarealen sowie leise Herztöne. Die Labordiagnostik liegt noch unvollständig vor (Kreatinin 4,0 mg/dl, Kalium 4,5 mmol/l, normales Blutbild. Das Röntgen-Thorax-Bild zeigt unscharfe Gefäß- und Herzkonturen. Das 12-Kanal EKG weist einen Lagetyp SIQIII auf.

Welche Verdachtsdiagnose(n) stellen Sie?

Aufgrund der pulmonalen Grunderkrankung des Patienten ist eine Exazerbation der bekannten COPD wahrscheinlich, aber auch eine akute Herzinsuffizienz möglich. Differenzialdiagnostisch kommt auch eine LAE in Betracht, bei der therapeutisch eine Vollantikoagulation nötig wäre.

Wie gehen Sie weiter vor?

Sie sollten zunächst eine LAE ausschließen. Aufgrund der Niereninsuffizienz ist eine Schnittbildgebung unter Verwendung eines jodhaltigen Kontrastmittels relativ kontraindiziert. Erst am nächsten Tag besteht die Gelegenheit zu einer Ven-

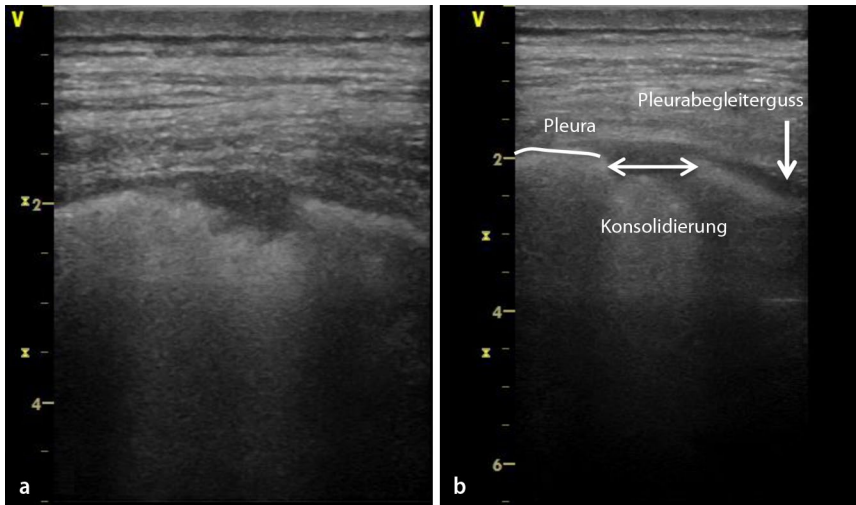


Abb. 4 ▲ Lungensonographie des rechten Unterlappens, Befunde zu Fall 4. **a** B-Mode, rechter Unterlappen dorsal lateral, **b** rechter Unterlappen dorsal medial mit Pleurabegleiterguss

tilations- und Perfusionszintigraphie. Zur Diagnosefindung oder zum Ausschluss bietet sich die Lungensonographie an.

Methodik der Lungensonographie bei Verdachtsdiagnose Lungenarterienembolie

Zur Evaluation der Verdachtsdiagnose LAE empfiehlt sich das folgende Vorgehen: Da zwei Drittel aller LAE im rechten dorsalen Unterlappen zu finden sind [13], sollte die Untersuchung dort unter Verwendung eines Linearschallkopfes begonnen werden. Im Linearschallkopf lassen sich thoraxwandnahe subpleurale Läsionen wie Lungeninfarkte gut auflösen.

Welche Befunde erheben Sie in der Notfallsonographie der Lunge?

Es zeigen sich mehrere subpleurale Lungenkonsolidierungen (■ **Abb. 4**).

Wie lautet unter Berücksichtigung der klinischen Informationen jetzt Ihre Diagnose?

Da mehr als 2 subpleurale Lungenkonsolidierungen nachgewiesen werden, wird unter Berücksichtigung des klinischen Kontexts mit sehr hoher Spezifität die Diagnose „Periphere LAE“ gestellt.

Verlauf

Es wird zusätzlich eine Kompressionssonographie der Beinvenen durchgeführt, welche das Vorliegen einer tiefen Beinvenenthrombose bestätigt. Aufgrund der vorliegenden Befunde wird bei eingeschränkter Nierenfunktion eine therapeutische Antikoagulation mit unfractioniertem Heparin begonnen.

Kommentar

Lassen sich mindestens zwei subpleurale, meist rund oder triangulär konfigurierte Konsolidierungen von mindestens 5 mm Größe nachweisen, ist die Diagnose einer LAE sehr wahrscheinlich. Die im Fall dargestellten subpleuralen Läsionen müssen damit als periphere Lungeninfarkte interpretiert werden [14]. Oberhalb dieser Konsolidierungen zeigen sich oft kleine Pleuraergüsse [13] die sich auch in unserem Fall nachweisen ließen. Seltener gelingt es, den embolisch bedingten Durchblutungsstopp der peripheren Pulmonalarterien mit der farbkodierten Duplexsonographie darzustellen.

Nazerian et al. [18] zeigten, dass eine kombinierte Sonographie des Herzens (Rechtsherzbelastung), der Lunge (subpleurale Infarkte) und der Beinvenen (Nachweis einer tiefen Beinvenenthrombose) eine Sensitivität von 90 % und eine Spezifität von 86 % gegenüber einer alleinigen Lungensonographie (Sensitivität

61 %, Spezifität 96 %) aufweist. Das rechte Herz war echokardiographisch beim vorliegenden Patienten nicht vergrößert. Die Kombination aus 3 fokussierten sonographischen Methoden (Herz, Lunge, venöse Gefäße der Extremitäten) konnte in diesem Fall eine CT-Pulmonalisangiographie ersetzen und ist mit dieser in der diagnostischen Genauigkeit vergleichbar.

Fallvignette 5

Schwere akute Luftnot – Sofort intubieren?

Ein 77-jähriger Mann mit akuter schwerer Atemnot wird vom Rettungsdienst in die Notaufnahme gebracht. Dort kommt es innerhalb von wenigen Minuten zu einer weiteren Verschlechterung der Symptomatik. Der agitierte Patient klagt über schwerste akute Luftnot, weshalb umgehend eine Herzbettlagerung durchgeführt wird. In der arteriellen Blutgasanalyse ist ein P_{aO_2} -Wert von 45 mmHg unter 12 l Sauerstoff zu sehen (pH-Wert 7,29). Sie beginnen mit einer nichtinvasiven Beatmung. Vorbekannt ist eine schwer eingeschränkte linksventrikuläre Ejektionsfraktion nach akutem Herzinfarkt mit Implantation eines automatischen Cardioverters-Defibrillators (AICD). Klinisch vermuten Sie eine akute Herzinsuffizienz bei bekannter chronischer Herzinsuffizienz. Auskultatorisch ist ein expiratorisches Giemen rechts zu hören, bei leisen Lungenauskultationsgeräuschen beidseits. Leise Herztöne. Die Haut der Oberschenkel ist marmoriert. Vitalparameter: AF 35/min, HF 135/min, RR 95/60 mmHg, S_pO_2 unter 12 l Sauerstoff 70 %. Die Labordiagnostik steht aus.

Welche Verdachtsdiagnose(n) stellen Sie?

Differenzialdiagnostisch kommen Lungenödem, Pleuraergüsse und/oder eine Pneumonie in Frage. Ebenso könnten auch komplexere Erkrankungen des Herzens oder der Lunge in Betracht gezogen werden.

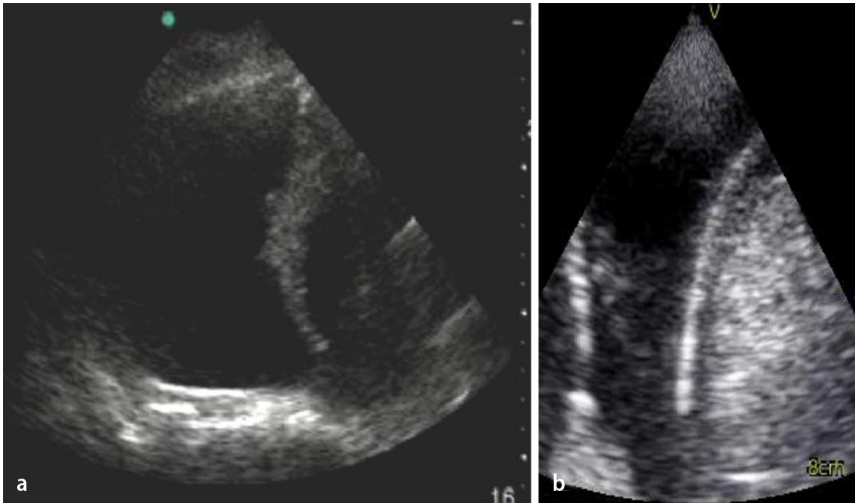


Abb. 5 ▲ Lungensonographie bei akuter, schwerer Dyspnoe, Befunde zu Fall 5. **a** rechte Flanke, **b** linke Flanke

Wie gehen Sie weiter vor?

Bei akuter Atemnot mit niedrigen Blutdruckwerten ist eine schnelle Entscheidung über das weitere therapeutische Vorgehen unerlässlich. Sie führen deshalb während oder unmittelbar nach der körperlichen Untersuchung eine fokussierte Lungen- und fokussierte Echokardiographie durch.

Methodik der Lungensonographie bei der Verdachtsdiagnose Pleuraergüsse

Die bereits vorgenommene Herzbettlage unterstützt die Durchführung der Lungensonographie. Der Sektor- oder Abdomenschallkopf können gleichermaßen eingesetzt werden. In der hinteren Axillarlinie knapp oberhalb des Rippenbogens erfolgt auf beiden Seiten die erste Anlotung mit kraniokaudaler Schallkopfrichtung. So ist das Zwerchfell bis zum hinteren Recessus costodiaphragmaticus einzusehen. Bei Verdacht auf Pleuraergüsse kann die Anlotung auch ein bis mehrere ICR höher erfolgen, um die obere Begrenzung der Ergüsse zu erfassen. Bei liegenden Patienten kann eine transversale Anlotung (zweite Ebene) zur Abschätzung der Größe der Ergüsse vorgenommen werden.

Was sehen Sie auf den Sonographiebildern?

Es zeigen sich bei dem betroffenen Patienten beidseits Pleuraergüsse, rechts wesentlich größer als links. Bei einer Ergushöhe von 10 cm kann das Volumen auf ca. 1–2 l geschätzt werden (■ Abb. 5).

Wie lautet unter Berücksichtigung der klinischen Informationen jetzt Ihre Diagnose?

Es liegen Pleuraergüsse beidseits vor, rechts massiv und punktionswürdig und vermutlich ursächlich für die schwerste Atemnot. Vermutlich liegt in diesem Fall die akute Verschlechterung einer chronischen Herzinsuffizienz vor.

Verlauf

Es wird eine Pleurapunktion rechts durchgeführt. Bereits nach Entlastung des Ergusses um etwa 500 ml verbessern sich die Atemnot und die Tachypnoe des Patienten deutlich. Es werden maximal 1500 ml Erguss abgelassen, um die Entstehung eines Reexpansionsödems zu vermeiden. Anschließend werden nur noch 4 l Sauerstoff benötigt. Nachdem ein akuter Myokardinfarkt ausgeschlossen wird, erfolgt eine 8-stündige Überwachung auf der Beobachtungsstation der Notaufnahme. Außerdem wird eine Röntgen-Thorax-Aufnahme in Beihelfstechnik (im Liegen) zum

Ausschluss weiterer Pathologien durchgeführt. Während der Beobachtung werden Kontrollsonographien zum Ausschluss eines Pneumothorax durchgeführt. Anschließend wird der Patient auf die Normalstation verlegt.

Kommentar

Es handelt sich um eine klassische Konstellation eines Notfalls mit erheblichem Zeit- und Entscheidungsdruck. Klinisch droht in obiger Situation eine Intubationsnarkose. Durch die zielgerichtete sonographische Diagnostik und die daraus folgende Pleurapunktion konnten die Intubation und die Verlegung des Patienten auf die Intensivstation vermieden werden. In obiger Situation mit hohem Entscheidungsdruck muss die Gerinnungsanalyse vor einer Punktion nicht mehr abgewartet werden. Hier bietet sich die ultraschallgeführte Punktion an, die wesentlich sicherer durchgeführt werden kann als eine Blindpunktion. Die diagnostische Genauigkeit der Ultraschalluntersuchung zur Beurteilung von Pleuraergüssen bei akuter Atemnot ist höher als die Röntgendiagnostik (Sensitivität 100 % vs. 65 %, Spezitivität 100 % vs. 81%) [23] und einfach durchführbar. Diese Methodik sollte zum Standardwissen eines Notfall- und Akutmediziners gehören. Die genaue Berechnung der sonographischen Größe des Pleuraergusses ist im vorliegenden Fall unerheblich. Essenziell erscheint die Entscheidung zur umgehenden Durchführung der Pleurapunktion. Eine Röntgen-Thorax-Aufnahme nach der Punktion ist zur Dokumentation für den weiterbehandelnden Arzt sinnvoll; der Ausschluss eines Pneumothorax ist auch sonographisch möglich.

Zusammenfassung

Die Lungensonographie ist eine exzellente Methodik, um beim kritisch kranken Patienten zeitnah die Ursache der Atemnot abzuklären. In den oben dargestellten Fallbeispielen werden wichtige Differenzialdiagnosen der Lungensonographie wie akute Herzinsuffizienz, Pleuraerguss, Pneumothorax, Lungenarterienembolie und Pneumonie exemplarisch dargestellt. Es werden zudem wichtige Hinweise für

Tab. 1 Wichtige Befunde in der Lungensonographie für die Akutmedizin

Sonographische Zeichen	Lungengleiten, M-Mode: Seashore-Zeichen	Fehlendes Lungengleiten, M-Mode: Stratosphärenzeichen	Lungenpunkt	B-Linien	Konsolidierungen	Bevorzugte Schallkopf-wahl/Lage des Schallkopfes	Sensitivität/ Spezifität	Limitationen
Physiologische Lunge	Ja	Nein	Nein	Anzahl von 0–2	Nein	Linear-, Sektor- und Konvex-Schallkopf/Längs-, und Transversalschnitt		Artefakte unterhalb der Pleura
Pneumothorax	Nein	Ja	Beweis	Ausschluss	Nein	Linear-, Sektor- und Konvexschallkopf/Längsschnitt apikal bzw. an 8 Quadranten	LUS: 92%/99,5%, Röntgen-Thorax: 52%/100%	Das Volumen kann sonographisch nicht bestimmt werden
Lungenembolie	Ja	Nein	Nein	Anzahl von 0–2	Ja, oft dreieckig oder rund > 5mm	Linear- und Konvexschallkopf/Längsschnitt am Thorax (Paravertebral-, laterale un mediale Skapular-, vordere und hintere Axillar-, mittlere und laterale Klavikular-, Parasternallinie und Transversalschnitt	LUS: 61%/96%, Kombinierte Sonographie (Herz/Lunge/TBVT): 90%/86%	Nur thoraxwandnahe, subpleurale Läsionen sind sonographisch sichtbar
Herzinsuffizienz	Ja	Nein	Nein	≥ 3 pro Blickfeld in 2 von 4 Arealen beidseits	Nein	Konvex- und Sektor-Schallkopf/Längsschnitt in 8 Quadranten	LUS: 70–85%/75–83%	LUS und radiologische Untersuchung stellen beide nur ein Komponente zur Erkennung der Herzinsuffizienz dar
Pleuraerguss	Ja	Nein	Nein	Regional möglich	Regional möglich	Sektor- und Konvex-Schallkopf/kraniokaudale Schallkopfausrichtung und Transversalschnitt	LUS: 100%/100%, Röntgen Thorax: 65%/81%	Keine sonographisch
Pneumonie	Ja	Nein	Nein	Oft regional, um Konsolidierungen vermehrt	Ja, Broncho-aerogramm	Konvex- und Linear-Schallkopf/Längs-, und Transversalschnitt	LUS 94,6%/77,7%, Röntgen Thorax: 77,7%/94%	Nur thoraxwandnahe Pneumonien können sonographisch erkannt werden
COPD/ Asthma	Vorhanden, aber oft verringert bei Emphysem	Nein	Nein	Anzahl von 0–2	Nein	Konvex- und Sektor-Schallkopf/Längs-, und Transversalschnitt		Sonographisch kein Nachweis pathologischer Befunde

den differenzierten Einsatz dieser Methodik gegeben (■ Tab. 1).

Bereits in kurzer Zeit kann die Methode der Lungensonographie vom Notfall- und Akutmediziner erlernt werden. Am Ende eines Ausbildungstags in einem zertifizierten Ultraschallkurs können mehr als 90 % der Teilnehmer einen fokussierten Lungensonographie fachlich korrekt anwenden und ausgewählte Pathologien erkennen [4]. Die B-Linien-Diagnostik kann sogar innerhalb einer Stunde erlernt werden [2]. Der Nachweis von pleuranahen Pathologien wie Pneumonien und periphere Lungenarterienembolien erfordert wegen der größeren Herausforderungen an die Methodik einen höheren Schulungsaufwand. Die patientennahe fokussierte Diagnostik ist ein wertvol-

ler Baustein in der Abklärung von Differenzialdiagnosen bei Patienten mit akuter Atemnot und weist eine hohe diagnostischer Genauigkeit auf.

Fazit für die Praxis

1. Die fokussierte Lungensonographie des Akutmediziners ist eine exzellente Methodik, um wichtige Differenzialdiagnosen bei Patienten mit akuter Atemnot abzuklären.
2. Bereits nach kurzer Zeit kann der Akutmediziner unter Berücksichtigung klinischer Symptome erlernen, die sonographische Morphologie einer pulmonal-venösen Stauung, einen Pneumothorax und einen Pleu-

raerguss abzugrenzen und damit Diagnosen stellen.

3. Unter Beachtung der durch die Methode bedingten Limitationen ist auch eine Pneumonie bzw. eine (periphere) Lungenarterienembolie sonographisch zu erkennen.
4. Die fokussierte Lungensonographie erweitert die körperliche Untersuchung durch den Akutmediziner und unterstützt die Genauigkeit der Diagnosestellung.
5. Durch den Einsatz der Lungensonographie können zeitkritische Entscheidungen früher getroffen, die Aufenthaltsdauer betroffener Patienten in der Notaufnahme reduziert und die Anwendung von ionisierenden Strahlen vermindert werden.

Korrespondenzadresse



Dr. E. Glöckner

Universitätsklinik für
Notfall- und Internistische
Intensivmedizin
Paracelsus Medizinische
Privatuniversität, Klinikum
Nürnberg
Prof. -Ernst-Nathan-Str. 1
90419 Nürnberg
erika.gloeckner@klinikum-
nuernberg.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. E. Glöckner, M. Christ und R. Breitzkreutz geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Anderson KL, Jenq KY, Fields JM et al (2014) Point-of-care ultrasound diagnoses acute decompensated heart failure in the ED regardless of examination findings. *Am J Emerg Med* 32:385–388
- Bedetti G, Gargani L, Corbisiero A, Frassi F, Poggianti E, Mottola G (2006) Evaluation of ultrasound lung comets by hand-held Echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound* 4:34
- Breitzkreutz R, Campo dell'Orto M, Hamm C, Cucca C, Zechner PM, Stenger T, Walcher F, Seeger FH (2013) Does the integration of personalized ultrasound change patient management in critical care medicine? *Observational trials. Emerg Med Int* 2013:946059
- Breitzkreutz R, Rutiné M, Scheiermann P, Hempel D, Kujumdshiev S, Ackermann H, Seeger FH, Seibel A, Walcher F, Hirche TO (2013) Thorax, trachea, and lung ultrasonography in emergency and critical care medicine: assessment of an objective structured training concept. *Emerg Med Int* 2013:312758
- Christ M, Mueller C (2015) Call to action: initiation of multidisciplinary care for acute heart failure begins in the Emergency Department. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 1–9
- Frassi F, Gargani L, Gligorova S, Ciampi Q, Mottola G, Picano E (2007) Clinical and echocardiographic determinants of ultrasound lung comets. *Eur J Echocardiogr* 8(6):474–479
- Gargani L, Volpicelli G (2014) How I do it: lung ultrasound. *Cardiovasc Ultrasound* 12:25
- Harrison PR (1992) *Principles of Internal Medicine* 1043
- Hortmann M, Heppner HJ, Popp S, Lad T, Christ M (2014) Reduction of mortality in community-acquired pneumonia after implementing standardized care bundles in the emergency department. *Eur J Emerg Med* 21(6):429–435
- Lichtenstein D, Van Hooland S, Elbers P, Malbrain M (2014) Ten good reasons to practice ultrasound in critical care. *Anaesthesiol Intensive Ther* 46(5):323–335
- Liu XL, Lian R, Tao YK, Gu CD, Zhang GQ (2015) Lung ultrasonography: an effective way to diagnose community-acquired pneumonia. *Emerg Med J* 32(6):433–438
- Mandell LA et al (2007) Infectious Diseases Society of America Thoracic Society consensus guidelines on the Management of community-acquired pneumonia in adults. *Clin Infect Dis* 44(Suppl 2):S27–72
- Mathis G (2010) Subpleurale Lungenkonsolidierungen. In: *Bildatlas der Lungen-und-Pleurasonographie*. Springer (Hrsg), S 82–91
- Mathis G, Blank W, Reissig A, Lechleitner P, Reuss J, Schuler A, Beckh S (2005) Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism: a prospective multicenter study of 352 patients. *Chest* 128:1531–1538
- Möckel M, Searle J, Muller R, Slagman A, Storchmann H, Oestereich P, Wyrwich W, Ale-Abaei A, Vollert JO, Koch M, Somasundaram R (2013) Chief complaints in medical emergencies: do they relate to underlying disease and outcome? The Charité Emergency Medicine Study (CHARITEM), *Eur J Emerg Med* 20(2):103–108
- Moore CL, Copel JA (2011) Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med* 364(8):749–757
- Miglioranza MH, Gargani L, Sant'Anna RT et al (2013) Lung ultrasound for the evaluation of pulmonary congestion in outpatients: a comparison with clinical assessment, natriuretic peptides, and echocardiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 6:1141–1151
- Nazerian P, Vanni S, Volpicelli G, Gigli C, Zanobetti M, Bartolucci M, Ciavattone A, Lamorte A, Veltri A, Fabbri A, Grifoni S (2014) Accuracy of point-of-care multiorgan ultrasonography for the diagnosis of pulmonary embolism. *Chest* 145(5):950–957
- Neskovic AN, Hagendorff A, Lancellotti P, Guarascino F, Varga A, Cosyns B, Flachskampf FA, Popescu BA, Gargani L, Zamorano JL, Badano LP (2013) Emergency echocardiography: the European Association of Cardiovascular Imaging recommendations. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 14(1):1–11
- Soldati G, Testa A, Sher S, Pignataro G, La Sala M, Silveri NG (2008) Occult traumatic pneumothorax: diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. *Chest* 133(1):204–211
- Studler U, Kretzschmar M, Christ M, Breidhardt T, Noveanu M, Schoetzau A, Perruchoud AP, Steinbrich W, Mueller C (2008) Accuracy of chest radiographs in the emergency diagnosis of heart failure. *Eur Radiol* 18(8):1644–1652
- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M et al (2012) International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 38:577–591
- Xirouchaki N, Magkanas E, Vaporidi K, Kondili E, Plataki M, Patrianakos A, Akoumianaki E, Georgopoulos D (2011) Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med* 37(9):1488–1493